

REC'D 29 OCT 99 PCT/JP99/04539

WIPO PCT

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

09.09.99

JKU

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application:

1999年 5月 7日

出 願 番 号
Application Number:

平成11年特許願第127628号

出 願 人
Applicant (s):

サンコール株式会社

09/673235

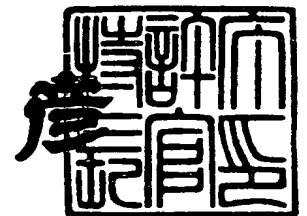
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年10月15日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特平11-3069595

1

【氏名又は名称】 サンコール株式会社

【代表者】 小林 一雄

【代理人】

【識別番号】 100064584

【弁理士】

【氏名又は名称】 江原 省吾

【選任した代理人】

【識別番号】 100093997

【弁理士】

【氏名又は名称】 田中 秀佳

【選任した代理人】

【識別番号】 100101616

【弁理士】

【氏名又は名称】 白石 吉之

【選任した代理人】

【識別番号】 100107423

【弁理士】

【氏名又は名称】 城村 邦彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 019677

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9601649

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ばねの表面処理方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 表層の硬さがHv400～750の範囲であって、冷間成形された後巨視的残留応力除去のための低温焼鈍を施されたばね、冷間成形後焼入焼戻しされたばね、又は熱間成形後調質されたばねなどのばねであって、かつ、表層の硬さがHv400～750であるばねの表面に、

硬さHv350以上1000以下、比重7.0から9.0、平均粒径20～100 μ mの硬質金属粒子を、

衝突速度50m/sec～160m/secであって、かつ、衝突によるばね表面層の昇温限界を、ばね表層の加工硬化を起こさせるが、ばね表層の回復再結晶による軟化が起こるよりは低温に制御し、かつ、表層に疲労強度を阻害する微小な割れなどを生成しないように投射し、

表面から30 μ m以下の表層部の硬さと圧縮残留応力を向上させることによってばねの耐久性改善を図ることを特徴とするばねの表面処理方法。

【請求項2】 成形して調質された、表層の硬さHv400～750であるばねの表面へ、(A)硬さHv400～900であって、粒径200～900 μ mの硬質金属粒子を速度40m/sec～90m/secで投射し、これにより表層のミクロクラックの発生を防止しつつ圧縮残留応力をばねの比較的内部まで付与する工程と、(B)前記(A)工程のあとのばねの表面へ硬さHv350以上かつHv1100以下で、平均粒径20 μ m～100 μ m、比重7.0～9.0の硬質金属粒子を衝突速度50m/sec～160m/secで投射して、ばね表層の昇温限界を、ばね表層の加工硬化を起こさせるが、ばね表層の回復再結晶による軟化が起こるよりは低温に制御しつつ投射し、かつ、表層に疲労強度を阻害する微小な割れなどを生成しないように投射し、表面から30 μ m以下の表層部の硬さと圧縮残留応力を向上させる工程、を有することを特徴とするばねの表面処理方法。

【請求項3】 請求項1と2における平均径20 μ m～100 μ mの粒子とその投射条件を次のように限定したことを特徴とする方法。

投射粒子硬さ：初期（新品）硬さHv350～1100

投射粒子寸法：初期（新品）平均寸法 $20\mu\text{m}\sim 80\mu\text{m}$

投射粒子の比重：7.0～9.0

ばねへの衝突速度： $60\text{m/sec}\sim 140\text{m/sec}$

【請求項4】 請求項2と請求項3において（A）と（B）のあいだにひずみ時効処理（低温焼きなまし、鋼製ばねでは $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ ）を挿入したことを特徴とするばねの表面処理方法。

【請求項5】 上記請求項1から4の粒子投射後のばねを $150^{\circ}\text{C}\sim 250^{\circ}\text{C}$ の温度に加熱して、ばねの耐へたり性を改善するばねの表面処理方法。

【請求項6】 上記請求項1から5の方法で製造されたばねに対して、さらに応力負荷のもとで冷間セッティング又は $150\sim 250^{\circ}\text{C}$ で温間セッティングを施すことを特徴とするばねの表面処理方法。

【請求項7】 上記請求項1～6において、微細粒子の硬さをばねの微細粒子投射前の硬さと同等又は同等以下にすることを特徴とするばねの表面処理方法。

【請求項8】 請求項1から7のいずれかの方法で製造されたことを特徴とするばね。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、各種ばねの耐久性等の性能を改善するためのショットピーニングによるばねの表面処理方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、鋼製ばねの表面にショットピーニングを施してその耐久性を改善する技術は、内燃機関の弁ばね、その他のばねに広く活用されてきた。このショットピーニング技術の中で、まず最初に $0.6\sim 1.0\text{mm}$ 程度の径の比較的寸法の大い鑄鋼ショットやカットワイヤを投射して比較的ばねの表層内部まで高い圧縮残留応力を付与してばね内部での疲労亀裂の成長を防止するとともに、さらにそれより小径の鑄鋼粒子やカットワイヤを投射して比較的表面の圧縮残留応力を高

めて、表面及び表面近傍からの疲労亀裂の発生、伝播を防止してばねの耐久性を改善する方法がすでに発表され公知である。また、 $40 \sim 200 \mu$ のショットを速度 100 m/sec 以上で噴射し、表面付近の温度を A3 変態点以上に上昇させることを特徴とする表面加工熱処理法（特公平 2-17607 号）や、20 から $100 \mu \text{ m}$ の多数の硬質金属粒子を、鋼製ワークの表面へ 80 m/sec 以上の衝突速度で投射し、その際、衝突によるワーク表面の昇温限界を 150°C よりも高温であって、鋼の回復・再結晶を起こす温度よりは低温となるように制御する表面処理方法も知られている。また、ばね鋼又はステンレス鋼で製作されたばねの表面に、投射材の粒径が $0.5 \sim 1.0 \text{ mm}$ のスチールショットでピーニングした後、投射材の比重が $12 \sim 16$ 、粒径が $0.05 \sim 0.2 \text{ mm}$ 、かつ硬度が $1200 \sim 1600 \text{ Hv}$ の超硬合金粒子投射材でピーニングして最表面に最大残留応力を発生させるばねとその製造方法（特開平 10-118930 号）も知られている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、価格的に高価かつ製造メーカーが限られ、入手が極めて困難な超硬合金製の投射粒子を用いずに、超硬粒子よりも安価かつ広く流通されている鋼製の粒子を用いて、より経済的に、耐久性に優れたばねとその製法を提供するものである。また、従来より、 $20 \sim 100 \mu \text{ m}$ 径の硬質金属製の微細粒子を 80 m/sec 以上の速度で投射して極表層の被加工層の昇温限界を 150°C よりも高温であって、かつ、回復・再結晶を起こす温度よりは低温に制御する技術（特開平 09-279229 号）があるが、この技術では、粒子投射速度、投射粒子の寸法などの影響についてはある程度の限定はされているものの、その硬さや比重については明確な限定がされておらず、また、速度は下限として 80 m/sec が指定されている以外は上限速度は規定されていない。このため、真に適切な投射粒子とその投射条件が限定されているとはいいがたい面があった。

【0004】

本発明は、ばね、特に鋼製ばねの疲労強度を高めるために、コストの高い窒化や浸炭又は浸炭窒化などの処理を施すことなく、又は窒化などを従来より軽度

して、十分に窒化処理したのと同様又はそれ以上のばねの疲労強度向上を実現しようとするものである。また、鋼製ばねの窒化はSi、V、Cr、Moなどの窒化促進元素の添加された材料で圧縮ばねの耐久性向上には有効でも、曲げによる引張応力が強く作用するばねや窒化しづらい炭素鋼では耐久性向上効果が期待しにくい。

【0005】

本発明は、このような窒化による耐久性向上が困難なばねに対しても耐久性を向上させることを目的とするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は平均径20～100 μ m、比重7.0～9.0、硬さHv400～1100の多数の硬質金属粒子を投射してばねの表面粗さを極力低く押さえつつ、かつ、局部的過大変形（局部的塑性変形帯、断熱せん断帯又は断熱せん断変形帯などと言う）を発生せずに、ばね極表層に比較的均一に強加工層を発生させるとともに極力高い残留応力を付与することによって、ばね表面層からの疲労折損を防止することを狙ったばねの加工方法を提供する。

【0007】

ばねの表面に硬さHv350～1100、比重7.0～9.0、平均粒径20～100 μ m、望ましくは20～80 μ mの硬質金属粒子を速度50m/sec以上、160m/sec以下、望ましくは60m/sec～140m/secで投射することによって、表層近傍に耐久性に有害な微小亀裂や不均一せん断変形帯を発生することなく、極表層の圧縮残留応力を高めて、表層からのばねの疲労折損を防止する。これによって、ピアノ線やオイルテンパー線から製造した弁ばね、クラッチばねや各種薄板ばねの疲労強度、耐久性を向上させる。

【0008】

本発明では投射速度の影響を詳しく調査研究して、従来、微粒子投射速度 v を100m/sec以下に規定した特公平2-17607号「金属成品の表面処理熱処理方法」のように、A3変態点を越えることなく、また、速度 $V > 160$ m/secで投射して表面層の変形が過度になることなく、速度 $V \leq 160$ m/sec、望ましくは

60m/sec $\leq V \leq$ 140m/secで投射し、その瞬間的温度上昇を回復再結晶を起こすよりも低温度に制御するとともに表層の過度の変形を避けることによって、より高い耐久性を得ることを特徴とする。

【0009】

本発明の投射金属粒子の最小平均粒径を20 μ mとしたのは、それ以下では投射による圧縮残留応力の深さが数ミクロン以下となり、十分な圧縮残留応力が得られる深さが浅くなることによる。また最大平均粒径を100 μ m以下としたのは、それ以上の粒径では表層の残留応力と硬さ改善効果が小さくなるためである（図1参照）。

【0010】

また、請求項3で、投射粒子の最大平均寸法を80 μ mとしたのは、粒子寸法100 μ mの場合よりもその耐久性向上効果が大なるためである。比重7.0～9.0としたのは、比較的安価かつ容易に入手できる鉄鋼材料で作られた粒子の活用を狙ったものである。鋼製のばねの弾性係数の約196GN/m²に比べて、超合金では450～650GN/m²であり、弾性変形及び塑性変形は投射された粒子よりもむしろ、被投射ばね表面層に集中することになる。このため、超合金では、表面の凹凸が比較的大きくなり、また、断熱せん断変形帯などの不均一変形が比較的発生しやすくなる。本発明では、過度に変形が被加工材であるばねに集中するのを避ける目的もあり、鉄系粒子使用を意図してその密度を7.0～9.0に設定する。

【0011】

また、投射粒子の硬さ下限をHv350としたのは、被加工材ばね表面の硬さとして、Hv450～600が多いが、被加工材硬さよりもやや軟らかい粒子投射でも、本発明の効果が発揮されるためである。

【0012】

また、投射粒子硬さ上限をHv1100としたのは、比較的安価に入手できる鋼製粒子の硬さの上限としてHv1100が設定できるのと、硬さがHv1100以下では、耐疲労性向上効果が十分に認められるためである。

【0013】

粒径 20 から 100 μm 、比重 7.0~9.0、硬さ Hv 350~1100 の硬質金属粒子の投射速度下限を 50 m/sec とする理由は、それ以下では、投射エネルギー/ 粒子投影面積が不足して、十分な耐久性改善が出来ないためである。また、上記粒子の投射速度の上限を 160 m/sec としたのは、それを超える速度では投射エネルギー/ 粒子投影面積が過大となり、ばね表層の圧縮残留応力がそれ以下の速度よりも低下するとともに、表層の微小亀裂生成が促進されて、ばねの耐久性向上効果が消費エネルギーの割に低下するためである。

【0014】

請求項 3 における、粒径 20 から 80 μm 、比重 7.0~9.0、硬さ Hv 350~1100 の硬質金属粒子の投射速度下限を 60 m/sec、投射速度上限を 140 m/sec とする理由は、速度 50~160 m/sec の範囲内ではばねの耐久性向上にもっとも大きな効果を与える領域だからである。

【0015】

実施形態 1 の関連で、図 2 に実験結果の例が記載されている。140 m/sec を超える速度での投射は、無処理の場合より大きな耐久性向上効果が得られるものの、より低速に比べて効果は小さく、しかも速度向上とともに使用投射エネルギーは大きくなるので経済的にコストがかさむ。一方、速度が 60 m/sec よりも小さくなると、それ以上の速度に比べて耐久性向上効果は劣るので、望ましくは 60 m/sec 以上とする。

【0016】

20 から 100 μm 径の粒子を投射される前のばね表面の硬さと投射粒子の硬さの関係であるが、投射粒子の硬さが被投射材ばね表面層の硬さより低くても、表層改質効果は認められる。特に、100 ないし 140 m/sec を超える比較的高速の投射で、被加工材ばねの硬さが Hv 550 ないし 600 以上の高硬度の場合、被加工材と同等以下の硬さの微細粒子で投射した方が、表面の凹凸が軽減され、しかも比較的内部まで残留応力が高い値で入る。また、投射粒子の硬さが低いと繰り返しの投射で被加工材ばねよりも、投射粒子自身に加工硬化が顕著に起こるが、粒子の新品硬さが Hv 350 を下回ると被加工材ばねの表層改質効果の効率が下がるので、下限硬さを Hv 350 とした。また、炭素鋼や合金鋼製の微細

投射粒子は比較的安価に入手でき、経済的であり、その硬さはHv 1100以下であり、このような経済性および耐久性に有害なばねの表面粗さの増大や表層の微細亀裂を避ける意味で新品の微細粒子の上限硬さはHv 1100とした。

【0017】

本発明において、このように比較的硬い粒子を投射する場合、投射速度は本発明実施例のごとく、速度50から140 m/sec以下で本来の効果を十分に発揮する。

【0018】

ばねの比較的内部で非金属介在物近傍を起点に疲労破壊を生じる恐れのある自動車等の内燃機関用弁ばねのようなばねの用途には、上記の微細粒子投射の前に、請求項2のように、まず、比較的粒子寸法の大きな200～900 m、硬さHv 400～900のカットワイヤなどの鋼粒子を速度40～90 m/secで投射し、ばねの表面から0.2～0.5 mm深さの表層に圧縮残留応力を付与してこの表層領域からの疲労起点の進展を防止する。この時、例えば、まず最初に400～900 μ m径の多数の粒子を投射した後、第2段として、200～300 μ m径の多数の粒子を投射して、より表層での圧縮残留応力の向上を図ることも可能である。しかし、このような方法では、上記のように比較的寸法の大きな粒子投射によってばねの内部まで圧縮残留応力が付与されるが、表層では、圧縮残留応力は内部に比して依然小さく、このため、比較的大きな繰返し応力が作用すると、表層における微細なへこみや亀裂などを起点にして、疲労折損が起こるのを防止することが困難になる。

【0019】

このような比較的寸法の大きな粒子投射の欠点を克服するために、本発明では、上記の比較的大きな寸法の粒子投射の後に、径20～100 μ m、比重7.0～9.0、硬さHv 350～1100の硬質金属微粒子を速度50～160 m/secで十分に投射することによって表層に疲労強度に有害な微小亀裂や大きな凹みなどを起こすことなく、均一に強加工層を形成し高い圧縮残留応力を付与する。

【0020】

本発明における20～100 μ m又は好ましくは20～80 μ mの粒子投射の

カバレッジは、目標とするばねの耐久性改善が必要な部位に対して、100%以上とすることが望ましく、上記の十分に投射するの意味はこれに該当する。また、本発明の微細粒子投射は、空気などの気体とともに噴射する方式やインペラータタイプの遠心力利用方式を採ることが出来る。

【0021】

このように処理した高炭素鋼製ばねの表面層を透過電子顕微鏡によって観察すると、表面の変形による変形帯のなかに非常に微細かつ湾曲を伴う微細組織（サブグレイン）の発達と、セメンタイト析出物の分断および鉄中の転位が認められるが、回復再結晶による明瞭な微細組織（ポリゴン化組織）はまったく観察されなかった。また、マルテンサイトやベイナイトという過冷却組織も認められなかった。微小硬さを測定すると表面から数 μm ないし20 μm の表面層に微細粒投射による加工硬化が起きていることが明らかである。

【0022】

後述の実施例1のサンプルで、平均径50 μm 硬さHv700の高炭素鋼粒子を90m/secの速度で投射し、最終工程の230°Cの低温焼きなましを省略したばねと、同じ加工工程で最終の低温焼きなましを実施したばねに160°Cでへたり試験を実施した。その結果、最終の230°Cの低温焼きなましを省略したばねのへたりは、それを実施したばねと同等であり、すぐれた耐へたり性であった。他方、0.3mm径のスチールショットを速度100m/secで投射したばねサンプルでは、最終の低温焼きなましを施したほうが実施しないサンプルより良好な耐へたり性であった。

【0023】

この原因は、前者では鋼中の炭化物の分断が後者よりも激しく起こり、これに助けられて分解した遊離炭素原子が比較的多く、この遊離炭素が160°Cのクリープ試験中の転位の移動阻止効果を有効に発揮したためと考えられる。ただし、上記の230°Cの低温焼きなまし有無の2種類のばねに室温で短時間のセッチングを同一応力条件で施すと、セッチングへたりは低温焼きなましを施さないばねのほうが、それを施したばねよりも大きかった。

【0024】

このことから、本特許の請求項 1 にあるような微細硬質金属粒子投射だけでは、投射でばね表層に生成した転位の固着が不充分であることが分かる。また、前記の 160°C のへたり試験のへたりが、あらかじめ施す 230°C の低温焼きなましの有無にかかわらないのは、微細硬質金属粒子投射によって、 0.3mm 径の金属粒子投射よりもばね表層部の鉄炭化物、セメンタイトの分断が促進され、 160°C に昇温された時に分解した炭素原子による歪時効が短時間に進行することを意味している。ただし、粒子投射によるばね表層の瞬間的発熱による温度上昇は、同一投射速度であれば、投射粒子の直径にほぼ反比例すると推定される。これは、同一粒子硬さ、同一ばね材質であれば、衝突によるばね表層の変形に要する時間は粒子径に比例するが、粒子径が小さくなると、変形に要する時間が短くなり、変形中の変形熱が変形領域の外へ逃散する時間が短くなる結果、変形領域の温度が上昇するからである（バウデン・テイバー著、曾田範宗訳、固体の摩擦と潤滑、第 4 版、丸善、昭和 50 年発行、256 頁の説明と（8）式参照。ここでは衝突物体の接触時間は、（質量 M / 粒子半径 r ）の平方根、 $\sqrt{M/r}$ に比例するとの説明がある。これによると、 $\sqrt{M/r}$ r であるので、結局接触時間は r に比例する。）。

【0025】

本発明の微細粒子投射によるばね表層では、衝突、変形による発熱と炭素、窒素原子によるひずみ時効硬化が 0.3mm 径の粒子よりもよりよく進行しているものと考えられる。また、セメンタイトが分断されるのは、セメンタイトは温度が上昇するほど変形と破壊が進行しやすい特性を持つことが一因と考えられる。本発明のようにセメンタイトが分断されると、板状セメンタイトが粒子投射による変形に対する抵抗となるのと対照的に、分断されたセメンタイトは変形により生成、移動する鉄中の転位の運動を妨げにくくする。なお、本発明で使用される投射微細粒子の平均粒径に対して、その寸法ばらつきが大きくなって、より寸法の大きな粒子の比率が高まると、耐久性向上効果が小さくなる。このため、平均粒径に対する最大寸法は、例えば平均径 $50\mu\text{m}$ では実質の最大寸法 $75\mu\text{m}$ 以下、また、平均径 $80\mu\text{m}$ では、実質の最大寸法は $110\mu\text{m}$ 以下にすることが必要である。

【0026】

【作用】

ばねの材料の直径や板厚さが比較的小さい場合、例えば、線径で1ないし2 mm以下、板厚で1ないし2 mm以下では、前記請求項1のように、20～100 μ m径の硬質金属粒子を投射して表層に疲労に有害な微小亀裂などの欠陥を作らずに、ばねの残留応力を高めて、高い耐久性を実現する。また、比較的断面寸法の大いばね、例えば線径2 mm以上のばねには、本発明のクレーム1の微粒子投射処理の前処理として、0.2～0.9 mm径の鋼系粒子を $v=40\sim90$ m/secで投射して比較的内部まで圧縮残留応力を付与する。これによって圧縮残留応力は表面から50 μ m以上入った場所で最高の値に達するが、極表面層は内部の最高値に比べて低い値になる。このため、このままでは、ばね表面近傍を起点とする疲労折損を十分に防止することが出来ない。この点を改善するために上記の0.2～0.9 mm径の粒子投射のあとに、速度 $v=50\sim160$ m/sec、さらに望ましくは、 $v=60\sim140$ m/secで、粒径20から100 μ m、さらに望ましくは粒径20～80 μ m、比重7.0～9.0、硬さHv400～1100の硬質金属粒子を投射することが行われる（請求項2）。このように処理されたばねでは、表層に大きな凹みや微細亀裂などの疲労を阻害する欠陥を生成することなく、表層に強加工層が生成され、表層30 μ m以下に高い圧縮残留応力が効率良く形成される。これによって、ばね表面及び表面近傍からの疲労破壊が防止でき、ばねの高い疲労強度、耐久性を実現する。また、表層の強加工層では、鉄炭化物などの析出物が分断され、鉄地に遊離炭素原子が供給され、ひずみ時効硬化が進行して表層硬さ及び温間での耐へたり性に寄与する。

【0027】

上記のような多段粒子投射において、個々の投射のあとに、又は、投射と投射の間に、150～250℃で低温焼なましを実施することによって、粒子投射の影響を受けたばね表層部の炭素、及び／又は窒素などによる転位固着を促進する。これによって、その後の20～100 μ m径、硬さHv400～1100、比重7.0～9.0の微細粒子の速度50～160 m/secでの投射による硬化と圧縮残留応力付与効果を増大して、ばねの耐久性をさらに向上させる（請求項4

）。

【0028】

本発明の微細粒子投射によるその他の作用効果として、非常に小さな粒子投射によるばね変形を実現でき、この結果として、大量生産時のばねの寸法ばらつきの発生を小さく出来ることが判明した。この理由は、本発明の微細粒子投射の影響層が比較的薄く、これがばねの大変形を抑制すること、及び微細粒子投射時に本発明では比較的低速の粒子衝突によっているため、より高速投射に比べて投射速度ばらつきが小さくできることが推定できる（図3）。

【0029】

【発明の実施の形態】

以下に本発明の実施形態につき説明する。

【0030】

本発明の開発段階で、速度 $v = 50 \sim 160 \text{ m/sec}$ で、寸法 $20 \sim 100 \mu\text{m}$ 、硬さ $H_v 350 \sim 1100$ 、比重 $7.0 \sim 9.0$ の粒子を、粒子投射前のばね表面硬さが $H_v 400 \sim H_v 750$ であるばねに十分に投射することが耐久性向上に有効であることが分かった。以下に本発明の実施形態を開発段階の説明を交えて説明する。

【0031】

（実施形態1）

供試ばねとして、断面形状が板厚 0.97 mm 、板幅 5.1 mm 、硬さ $H_v 537 \sim 589$ 、化学成分が $0.55\% \text{ C}$ 、 $1.47\% \text{ Si}$ 、 $0.7\% \text{ Mn}$ 、 $0.7\% \text{ Cr}$ を含み残部鉄からなるばね鋼で、ばね加工工程が、ばね成形→応力除去焼きなまし→微細粒子投射→低温焼きなまし（ 230° C ）の順序で、ばね加工工程の微細粒子投射条件は①寸法 $50 \mu\text{m}$ （新品の寸法、平均寸法）、硬さ $H_v 700$ 、比重 7.6 の炭素鋼微細粒子、及び、②寸法 $50 \mu\text{m}$ （新品の寸法、平均寸法）、硬さ $H_v 1000$ 、比重 8.2 の高速度鋼微細粒子、を用いた。そして、種々の速度でばねに上記微細粒子を十分に投射した。その後、ばねの疲労試験を行い、微細粒子投射速度と疲労強度の関係を求めた。その結果を図1に示す。このときの疲労限応力は平均応力が 785 N/mm^2 で、繰返し数 10^7 回で破壊しな

い振幅応力を取っている。その結果、炭素鋼粒子、高速度鋼粒子ともに、衝突速度が 60～140 m/secでもっとも良好な疲労強度改善効果が得られることがわかった。②の高速度鋼粒子投射では、衝突速度 V が 50 m/secから 140 m/secで、疲労限振幅応力が 700 N/mm^2 を超えると考えられる。また、①の高炭素鋼粒子投射では、衝突速度 V が約 60 m/secから約 160 m/secで疲労限振幅応力が 700 N/mm^2 を超えると考えられ、非常に良好な改善効果が認められる。

【0032】

上記の本発明の比較例として、ショットなしのばねでは、疲労限振幅応力は 440 N/mm^2 であり、疲労限は低い。また、0.3 mm径スチールショットを速度 $V = 100 \text{ m/sec}$ で十分に投射したばねでは疲労限振幅応力は 300 MPa であり（このサンプルは微粒子投射を0.3mm 径のスチールショットに替え、それ以外の工程は実施例1と同じ）粒子投射の効果は見出せない。また、図1に示すように、高炭素鋼の $50 \mu\text{m}$ 径の粒子投射の速度が 50 m/sec以下、また、高速度鋼の $50 \mu\text{m}$ 径の粒子投射の速度が 150 m/sec以上になると、それ以外の工程は前記ばねと同じであるが、疲労限振幅応力は 700 N/mm^2 より低くなる。比重のより小さい高炭素鋼粒子よりも、比重のより大きな高速度鋼粒子では、疲労限がピークを示す速度よりも低速側において、衝突速度低下につれて疲労限は低下するが、低下の程度は小さくなる。他方、疲労限がピークを示すよりも高速側では、衝突速度の上昇に伴う疲労限の低下は、比重のより小さい高炭素鋼の方が高速度鋼よりも小さい傾向が見られる。

【0033】

上記実施形態についてさらに詳しく図を用いて説明する。第2図のように縦軸に疲労限振幅応力を取り、横軸に微細金属粒子（粒子の平均径は $50 \mu\text{m}$ 、比重 7.6の高炭素鋼製粒子及び比重 8.2の高速度鋼粒子）の投射速度を取って整理すると、疲労強度は $v = 90 \text{ m/sec}$ （高速度鋼粒子）と 107 m/sec （高炭素鋼粒子）でもっとも良好な値となることが分かった。図中の数字は投射粒子のばね表面への衝突速度である。この図で、括弧付きの数字は高速度鋼粒子を示し、括弧なしの数字は高炭素鋼粒子投射の結果である。すなわち、投射粒子寸法の平

均寸法が $50\ \mu\text{m}$ より大きくなるにつれてばねの疲労強度は次第に低下することが分かった。投射粒子平均径が $100\ \mu\text{m}$ をこえると疲労限向上効果が小さいため、本発明では、これを投射粒子寸法の上限とした。平均寸法が $50\ \mu\text{m}$ の粒子よりも効果はやや劣るが、平均径 $70\sim 80\ \mu\text{m}$ の粒子でも比較的疲労限向上効果が認められるため、本発明では新品の粒子径として、平均径 $80\ \mu\text{m}$ を、請求項 3 の粒子寸法上限とした。

【0034】

(実施形態 2)

ばねに比較的大きな寸法の通常のショットピーニングを施したのち、 $50\ \mu\text{m}$ 径の微細粒子投射をする本発明の請求項 2、3、5 および 6 の方法で製造したばねについて以下に述べる。直径 $4.0\ \text{mm}$ 、引張強さ、 $\sigma_B = 1,735\ \text{N/mm}^2$ 、硬さ H_v で約 450 のピアノ線を用いて自動車内燃機関用弁ばねを試作した。冷間でピアノ線をばねにコイリング後、 350°C で 15 分間の応力除去焼きなましを施し、コイル内側表面の引張残留応力を除去してから座面研磨を施した。これに直径 $0.6\ \text{mm}$ 、硬さ $H_v 500$ のカットワイヤを十分に投射した後引続いて平均径 $50\ \mu\text{m}$ 、比重約 7.6、硬さ $H_v 700$ の高炭素鋼粒子を速度 $107\ \text{m/sec}$ で十分に投射した。引続きこれに 220°C の低温焼鈍を施してからホットセッティングを施した。

【0035】

この時の比較ばねとして、上記の試作ピアノ線ばねの加工工程の中の $50\ \mu\text{m}$ の投射をしないもの（それ以外は同じ材料と工程）を作成し、これを比較ばねとした。この後者の比較ばねの工程は、通常、弁ばね製造で広く採用されている工程である。

【0036】

このようにして試作した本発明の実施形態 2 の弁ばねと比較ばねの疲労試験を実施した。その結果は下記のように本発明実施例 2 の比較試料に対する改善効果が明瞭であった。

【0037】

疲労強度 本発明実施例 2 のばね 疲労限 $588 \pm 461\ \text{MPa}$

比較ばね

疲労限 $588 \pm 373 \text{ MPa}$

(いずれも繰返し数: 5×10^7 回)

上記の試験で、実施形態 2 のばねの疲労試験応力が、比較ばねに比べて高いために、ばねのへたりが比較ばねよりやや大きくなった。このへたりの防止のため、ピアノ線に変えてオイルテンパー線を利用するか、又は、ケイ素などの耐熱性を富ます元素を添加したオイルテンパー線又は硬引き材料を使用するなどがあり、本発明にこれらも含まれる。

【0038】

【発明の効果】

①窒化処理を施してコイルばねの疲労強度を高める方法は弁ばねのように圧縮コイルばねでは効果的であるが、原価が高い問題がある。本発明は窒化の場合のように大掛かりの設備を要せず、比較的安価に耐久性を向上することが可能な表面処理法とばねを提供する。

【0039】

②窒化による耐久性向上が実質的に不可能な炭素鋼ばね、例えばピアノ線、硬鋼線、炭素鋼オイルテンパー線や炭素鋼薄板などで製造したばねに対して、大幅な耐久性向上が可能である。

【0040】

③引張応力が高く作用する薄板ばねや引張応力下で使用するばねでは、窒化ばねは疲労強度が安定しないで逆に疲労強度を損なう場合もあるという問題を抱えていた。

【0041】

本発明では、ばね表層にもっとも的確に微細粒子を投射して、効率良く強加工をすることが可能であり、これによって、引張又は曲げ応力下で使用するばねや引張ばねなどの耐久性を大幅に向上するので、ばねの軽量小型化に寄与する。

④本発明の微細粒子投射の速度が小さくなると、むやみに高速で投射した場合より粒子投射によるばねの変形量が小さくなり、ばねの寸法ばらつきが小さくなる。このため、製造したばねの品質の安定性に寄与する。

【図面の簡単な説明】

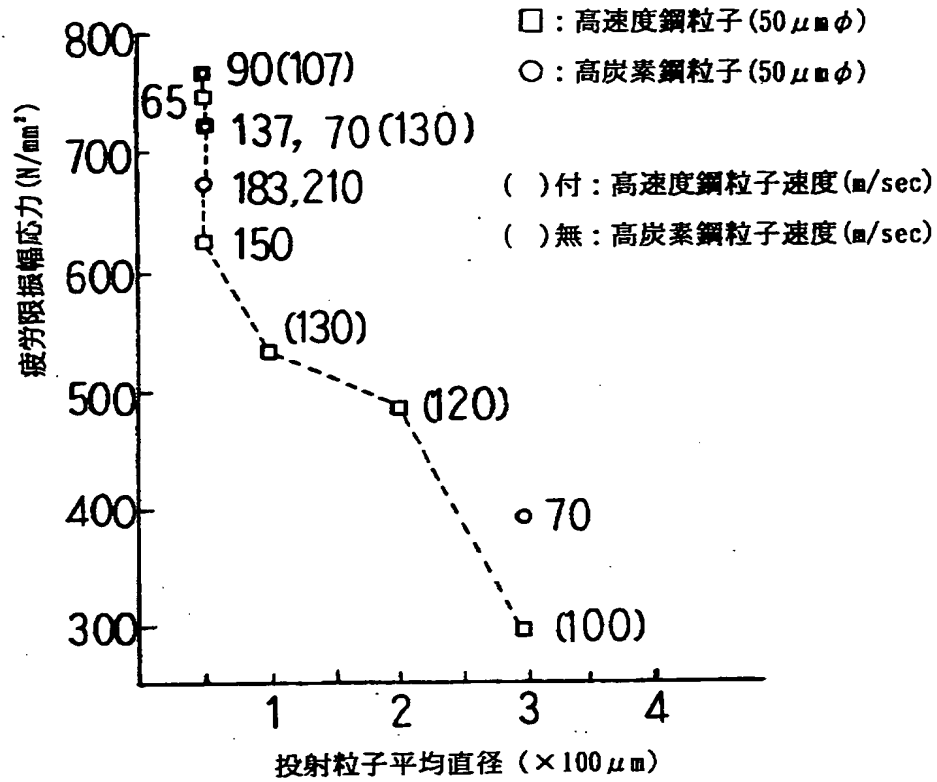
【図1】 ばね鋼薄板ばねに対して硬質金属粒子投射の影響を調査した結果で、材質が高炭素鋼及び高速度鋼である投射粒子の平均直径と粒子投射後の疲労限振幅応力（平均応力、 785 N/mm^2 で一定）の関係を示す。図中の数字は粒子の衝突速度である。

【図2】 平均直径 $50 \mu\text{m}$ の2種類の鋼製の粒子投射によるばねへの衝突速度が、投射後のばねの疲労限振幅応力に及ぼす効果を示す。この図は図1のデータの一部を抽出して再整理したものである。

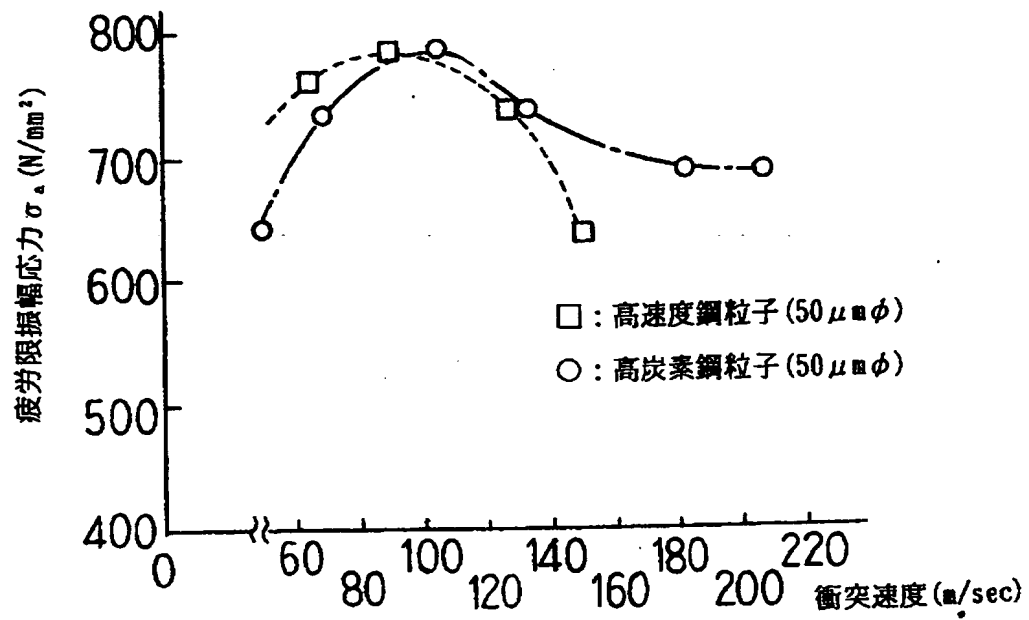
【図3】 硬質金属粒子投射による薄板ばねの高さの減少を測定した結果を示す。この図は、図1のデータと同じ試験における測定から取ったものである。プロット点に添えた数字は粒子径（ μm ）を示す。

【書類名】 図面

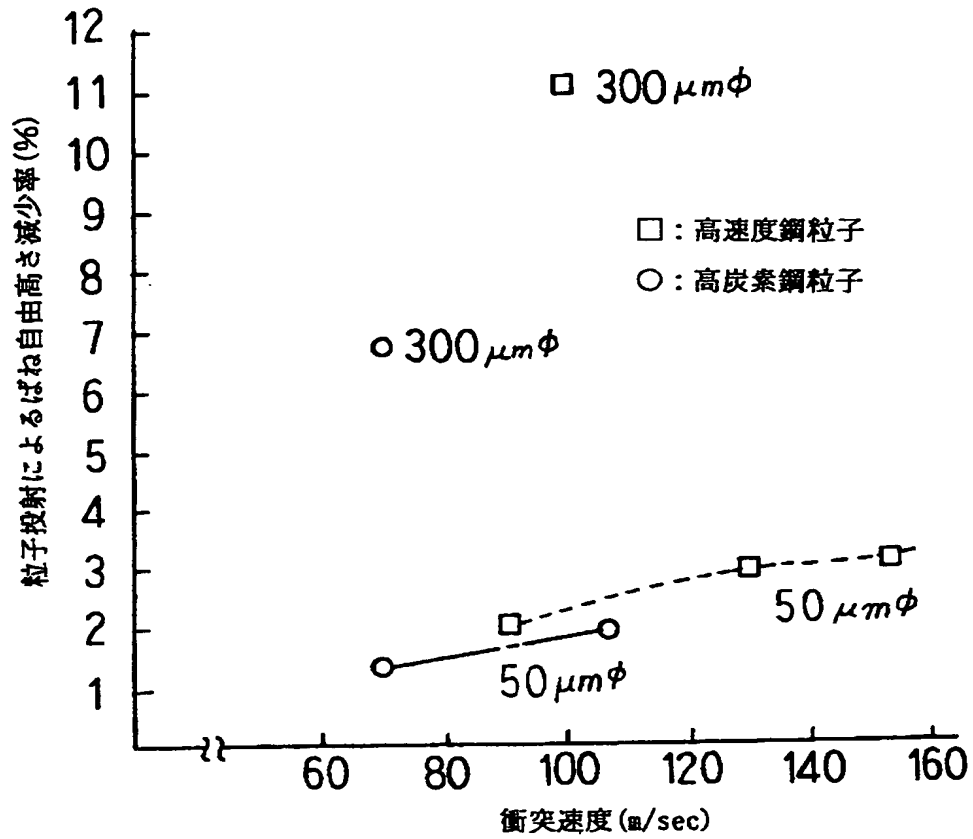
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】 窒化による耐久性向上が困難なばねに対しても耐久性を向上させること。

【課題】 表層の硬さがHv400～750の範囲であって、冷間成形された後巨視的残留応力除去のための低温焼鈍を施されたばね、冷間成形後焼入焼戻しされたばね、又は熱間成形後調質されたばねなどのばねであって、かつ、表層の硬さがHv400～750であるばねの表面に、硬さHv350以上1100以下

、
比重7.0から9.0、平均粒径20～100 μ mの硬質金属粒子を、衝突速度50m/sec～160m/secであって、かつ、衝突によるばね表面層の昇温限界を

、
ばね表層の加工硬化を起こさせるが、ばね表層の回復再結晶による軟化が起こるよりは低温に制御し、かつ、表層に疲労強度を阻害する微小な割れなどを生成しないように投射し、表面から30 μ m以下の表層部の硬さと圧縮残留応力を向上させることによってばねの耐久性改善を図る。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000175722]

1. 変更年月日 1991年 6月12日
[変更理由] 名称変更
住 所 京都府京都市右京区梅津西浦町14番地
氏 名 サンコール株式会社

THIS PAGE BLANK (USPTO)